

# **Sockerbetssorters motståndskraft till mekaniska skador och dess inverkan på lagringsduglighet**

– En ”fall” studie

*Madeleine Nilsson*



# **Sockerbetssorters motståndskraft till mekaniska skador och dess inverkan på lagringsduglighet**

- En ”fall”studie

Resistance to mechanical damage in different sugar beet varieties and its impact on storage capacity

*Madeleine Nilsson*

**Handledare:** Helene Larsson Jönsson, SLU, Institutionen för Biosystem och teknologi

**Btr handledare:** Joakim Ekelöf & William English, Nordic Beet Research Foundation, Borgeby

**Examinator:** Torsten Hörndahl, SLU, Institutionen för Biosystem och teknologi

**Omfattning:** 7,5 hp

**Nivå och fördjupning:** G1E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i lantbruksvetenskap, G1E – Lantmästare – kandidatprogram

**Kurskod:** EX0942

**Program/utbildning:** Lantmästare – kandidatprogram

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2020

**Omslagsbild:** Sockerbeta som utsätts för tryck i pressmaskin

**Foto:** Madeleine Nilsson

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** sockerbetor, pressure, lagring, mekaniska skador, röta



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-  
och växtproduktionsvetenskap

## FÖRORD

Lantmästare - kandidatprogrammet är en treårig universitetsutbildning vilken omfattar 180 högskolepoäng (hp). Inom programmet är det möjligt att ta ut två examina, en lantmästarexamen 120 hp och en kandidatexamen 180 hp. En av de obligatoriska delarna i denna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t.ex. ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Detta arbete är utfört under programmets andra år och arbetsinsatsen motsvarar minst 5 veckors heltidsstudier (7,5 hp).

Innan jag påbörjade mina studier på Alnarp arbetade jag med fältförsök och var involverad i många av Nordic Beet Research (NBR) sockerbetsförsök. Min plan var att examensarbetet skulle bygga på ett fältförsök som kunde bidra med något positivt för den agrara näringen och våren 2019 fick jag en förfrågan av William English på NBR om jag ville skriva ett examensarbete om mekaniska skador på sockerbetar.

Ett varmt tack riktas till William English och Joakim Ekelöf på Nordic Beet Research som bidragit med värdefull kunskap, synpunkter och rådgivning under arbetets gång. Ett tack till Evigenji Telechenko, SLU som varit behjälplig under försöksutförandet.

Jag vill även tacka min handledare Helene Jönsson Larsson för goda idéer och synpunkter under arbetets gång.

Examinator har varit Torsten Hörndahl, SLU, Intuitionen för biosystem och teknologi.

Alnarp, juni 2020

Madeleine Nilsson  
Lantmästarstudent

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING .....	3
SUMMARY .....	4
INLEDNING .....	5
BAKGRUND .....	5
MÅL .....	6
SYFTE .....	6
FRÅGESTÄLLNING .....	6
AVGRÄNSNING .....	6
LITTERATURSTUDIE .....	7
<i>Sockerbetans uppbyggnad</i> .....	7
<i>Förädling av sortmaterial</i> .....	7
<i>Sockerförlust</i> .....	7
<i>Mekaniska skador</i> .....	8
MATERIAL OCH METOD .....	10
FÖRSÖKSUPPLÄGGNING .....	10
<i>Penetrationsmätning</i> .....	10
<i>Statiskt trycktest</i> .....	11
<i>Dynamiskt falltest</i> .....	11
<i>Rötor efter lagring</i> .....	12
<i>Statistik</i> .....	12
RESULTAT .....	13
<i>Penetrationstest</i> .....	13
<i>Statiskt trycktest</i> .....	13
<i>Dynamiskt falltest</i> .....	14
<i>Rötor efter lagring</i> .....	14
DISKUSSION .....	16
<i>Betans mjukhet</i> .....	16
<i>Statiskt trycktest</i> .....	16
<i>Dynamiskt falltest</i> .....	16
<i>Rötor efter lagring</i> .....	17
<i>Resultatets tillförlitlighet</i> .....	17
<i>Reflektioner</i> .....	18
<i>Framtida studier</i> .....	18
<i>Slutsatser</i> .....	19
REFERENSER .....	20
SKRIFTLIGA .....	20
INTERNET .....	21
BILAGA 1 .....	22

## SAMMANFATTNING

Lagringsperioden för sockerbetor har de senaste årtiondena förlängts på grund av strukturrationalisering och avreglering av kvotsystemet. Långa kampanjer är viktigt för att hålla nere de fasta kostnaderna och bibehålla konkurrensförmågan. För att lyckas med lagringen är det flera parametrar som är viktiga, där ibland sortvalet. Då omsättningen av sortmaterialet är stort blir lagringsförsök väldigt kostsamma.

Målet med detta projekt är att finna en metod för att undersöka olika typsorters lagringsduglighet och att man på ett snabbare och mer kostnadseffektivt sätt ska kunna utvärdera olika sorters lagringsduglighet.

Studien bygger på betmaterial från ett fullständigt randomiserat fältförsök med 3 sorter och 6 upprepningar. De tre typ-sorterna som användes var: sort 1, en E typ med hög rotskörd, sort 2 en N typ medelhög rotskörd och sockerhalt, sort 3, en Z typ med hög sockerhalt. Resultaten bygger på tre olika mekaniska tester, penetrationsmätning i fält, ett statiskt trycktest och ett dynamiskt falltest.

Resultaten från denna studie visar att det finns tydliga skillnader mellan sortmaterialet som testats gällande de mekaniska egenskaperna. Penetrationsmätningarna tycks vara den metod som bäst korrelerar med skadefrekvensen och rötskadorna som uppstår under lagring. Eftersom penetrationsmätningen inte kräver någon dyr utrustning, kan göras i fält och är tämligen enkel att utföra är denna metod att föredra. Resultaten visar att typsort E är mjukare än Z och N och att den tappar mer vikt under lagring. Fler studier behövs dock för att fastställa om slutsatserna som dragits inom ramen för detta projekt gäller för andra sorter och andra betingelser. Det statiska trycktestet och dynamiska falltestet är svårare att utvärdera då storlek och form på betorna till stor del avgör resultatet. I det dynamiska falltestet är dessutom fallet relativt svårt att kontrollera.

## SUMMARY

In recent decades, the storage period for sugar beets has been extended, largely as a result of structural rationalization and the quota system liberalization. Long processing campaigns are important for lower fixed costs and maintaining competitiveness. Successful long-term storage is multidimensional, and the right variety selection can be crucial.

The aim of this study is to test a method to investigate the mechanical damage dimension of storage capacity in a faster and more cost-effective way.

The study is based on a randomized field trial with sugar beets and compares three types of varieties. Variety 1 is an E-type, with high root yield. Variety 2 is an N-Type, medium-high root yield and medium-high sugar level variety. Variety 3 is a Z-type, with high sugar level. The results are based on three different mechanical tests; field penetration measurement, static force test, and a dynamic force test.

The results of the study show that there are differences between the varieties regarding their mechanical properties. The penetration measurements was the method that correlated best with the damage frequency and root damage that occurred during storage. The penetration measurement is the preferred method for testing root mechanical strength. It is inexpensive, simple, can be done directly in the field, and is reliable.

The results of the force tests show that the E-type is softer than the Z- and the N-types and loses more weight during storage. More studies need to be done to determine if the conclusions reached for this project are generalizable. The static and dynamic tests are difficult to evaluate, largely given that the sugar beet size and the contour of the roots strongly influence the result. In the dynamic test, the point of contact is also difficult to control.

# INLEDNING

## Bakgrund

Sockerbetan har en stor betydelse för sydsvensk växtodling och 2019 odlades 27 300 hektar sockerbetor i Sverige (Jordbruksverket, 2019) och 96 % av arealen finns belägen i Skåne. Sedan 2006 finns bara Örtofta sockerbruk och fabriken ligger strax utanför Lund. Högre skördar och en längre betkampanj leder till att sockerbetorna behöver lagras i stuka innan de kan levereras till sockerbruket. Sockerbetor är en lönsam gröda men det kräver rätt förutsättningar från sådd fram till skörd. De mest avgörande och kritiska momentet är själva skördearbetet och lagringsprocessen. Mekaniska skador på sockerbetor som rotspetsbrott, sprickor och ytskador leder till förlorat betmaterial vilket påverkar lagringsdugligheten negativt. Skadade sockerbetor förlorar sitt socker genom respiration och skadan blir en inkörsport för patogener som kan riskera höga lagringsförluster (Nordic Sugar, 2020).

Den förlust som uppstår av bearbetningsbart socker är en viktig och aktuell fråga inom sockerbetsindustrin i Sverige och blir kostsam för både producenter, sockerbetsindustri och för miljön. Hur sockerbetan hanteras under skörd, lagring och transport är de faktorer som orsakar mekaniska skador på sockerbetorna. Nivån på de mekaniska skador som uppstår kan korreleras med den mängd ytskador och rotspetsbrott som betorna får och resulterar i förlorat bearbetningsbart socker. Skadade betor påverkar lagringsdugligheten negativt då skadan blir en inkörsport för patogener leder till lagringsförluster.

Lagringsdugligheten skiljer sig åt mellan olika betsorter. Betor som ska lagras en längre tid kan det vara avgörande att välja en sort som har ett bättre motstånd mot mögelangrepp under lagringsprocessen. Nybildande av groddar i stuka skiljer sig också mellan sortmaterialet (Olsson, 2006).

## **Mål**

Målet med detta projekt är att finna en metod för att undersöka olika typsorters lagringsduglighet och att man på ett snabbare och mer kostnadseffektivt sätt ska kunna utvärdera olika sorters lagringsduglighet.

## **Syfte**

Syftet med projektet var att undersöka motståndskraften för stötskador hos olika typsorter av sockerbeter och hur det i sin tur påverkar lagringsdugligheten. Detta för att i framtiden inte behöver göra kostsamma lagringsförsök inom sortprovningen. Sockerbetssorter byts ut i snabb takt vilket medför att data kring olika sorters lagringsduglighet snabbt blir inaktuella.

## **Frågeställning**

- Hur reagerar olika typsorter på mekanisk åverkan?
- Hur samverkar de mekaniska skadorna med lagringsförlusterna?
- Hur påverkar betans storlek skadenivån?
- Vilken typ av mekaniskt test avspeglar sortens lagringsduglighet bäst?

## **Avgränsning**

Studien och arbetet är begränsat till att tre olika typsorter har jämförts i försöket. Inga mätningar på sockerhalt eller respiration har mätts. Data bygger på ett fältförsök på en plats.



# LITTERATURSTUDIE

Under det senaste decenniet har perioden för lagring av sockerbeter i stuka blivit längre. Med en ökad förståelse för att undvika frostsador och minimera de andningsförluster som sker vid lagringen av sockerbeter har det resulterat i en bättre medvetenhet om skador på sockerbeter. Den förlust som uppstår under skörd, lagring och transport av bearbetningsbart socker är en viktig och aktuell fråga inom sockerbetsindustrin i Sverige som blir kostsam för både producenter, sockerbetsindustri och för miljön. Sockerbeter hanteras ett flertal gånger under många olika processer innan de slutligen når fabriken. Skadorna som uppstår vid upptagning, rensning och lastning av betor är rotspettsbrott, sprickor och ytskador som leder till förlorat betmaterial och skadade cellväggar. Skadorna bidrar till ökad värmeutveckling i stukan och högre sockerförluster under lagring.

## *Sockerbetans uppbyggnad*

Sockerbeter består av en serie koncentrisk ringar, varje ring är utvecklad av sekundärt kambium som består av floem på utsidan av ringen och xylem på insidan (Langer & Hill, 1991). Xylemet innehåller tjockväggiga trakeider som är vatten- och mineraltransporterande celler och fungerar som en förstärkning och påverkar rotens motstånd mot skador. Betornas periderm fungerar som ett skyddande skal för yttre skada (Vukov, 1977). Cellväggarna i betorna skiljer sig åt mellan sorterna. Sorter som har en bättre lagringsduglighet har fler men mindre celler och sämre sorter har större men färre celler (Madritsch & Bomers, 2020)

## *Förädling av sortmaterial*

Sockerbetssorter kan delas in i olika kategorier. Sorter som förädlats mot en hög sockerhalt brukar kallas typsort Z och har normalt sett något lägre rotskörd. Sorter som förädlats mot hög rotskörd kallas typsort E och har som regel lägre sockerhalt. De sorter som placerar sig mitt emellan, både gällande sockerhalt och rotskörd, kallas typsort N. Dessa tre typsorter har använts i tidigare försök där bland annat Kleuker & Hoffman (2019) sett att det finns skillnader i lagringsduglighet mellan typsorterna.

## *Sockerförlust*

Under lagringsperioden livnär sig betan på sitt sockerinnehåll och spjälkar sackaros till fruktos och glukos vilket leder till att värme bildas (respiration). Den värmen måste ventileras ut från stukan eftersom det påskyndar sockerförlusten. Cellskadorna som uppstår i samband med upptagning och rensning utgör en inkörsport för svampar och bakterier som också livnär sig på socker. Nya skador på betornas cellväggar bidrar till att sockret läcker ut under tvättprocessen. Hopkinson & Houghton (1998) gjorde en mätning

på nyskördade betor och uppmätte en sockerförlust på cirka 63 kg socker per hektar. Genom att lagra hela rena och torra betor med en temperatur på under 5 plusgrader kan sockerförlusterna hållas nere. Under optimala förhållanden kan förlusterna vara så lite som 0,05 % per dygn (Olsson, 2013).

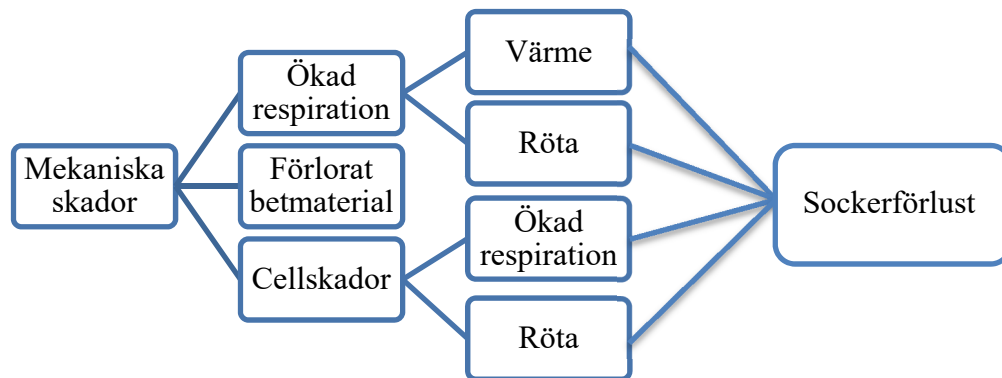
### ***Mekaniska skador***

Det finns olika metoder för att mäta mekaniska skador på sockerbetor. Det kan göras i samband med upptagning och ger betodlaren en indikation på mängd spill och skador som uppstår vid skörd. Betornas rotspetsbrott mäts i cm där max 25 % får ha rotspetsbrott på mer än 2 cm (klassificeringar vid gradering: 0-2 cm, 3-4 cm, 4-6 cm, 6-8 cm, 8 cm>). Blastningen bedöms i klass 1-5 där klass 1 och 2 har blast kvar, klass 3 och 4 är optimal blastning och klass 5 och 6 är för djup eller sned blastning. Betans ytskador mäts i cm<sup>2</sup> och sprickor bedöms med 0 eller 1 (Nordic Sugar u.å).

Under skörd och rensning ökar andel mekaniska skador eftersom förluster genom rotspetsbrott ökar (Brown & Pilbrow, 1996). Studien visade att upptagningstekniken speglar de mekaniska skador som uppstår på sockerbetan. Man menar samtidigt att mekaniska skador på sockerbetor varit ett problem för industrin i många år men att de borde kunna minskas.

Flera försök har gjorts om upptagningskvalité och hur sockerförlusten påverkas vid lagring. Resultatet visade att det var stor skillnad på betornas skador mellan på hård upptagning och skonsam upptagning. Skador som rotspetsbrott, blastning, sprickor och ytskador bedömdes efter respektive upptagning. Nästan 60 % av de betor som var skonsamt upptagna hade inget rotspetsbrott och andelen sprickor och ytskador var dubbelt så stor i den hårda upptagningen jämfört med den skonsamma. Betorna bedömdes efter lagring och visade att rötter i rotspetsen var värst eftersom svampen får fäste och sprider sig sedan uppåt i betan. Efter en lagringstid på 68 dagar med en lagringstemperatur på 5°C skiljde sig sockerförlusten mellan skonsam och hård upptagning med 0,07 %-enheter per dygn. Ska betorna lagras en längre tid är det extra viktigt att betor är hela för att minimera rötskador och sockerförluster (Olsson, 2006). Enligt Imura et.al (1986) ger mekaniska skador en ökad sackarosförlust. En lagringsperiod på fyra månader kan resultera i en sackarosförlust på omkring 20 % där cellandning står för 70–80 % av sockerförlusterna (Koster, Raats & Jorritsma, 1980). I vissa fall kan dock sockerförlusten som är kopplad till mekaniska skador och mikrobiell infektion vara betydande. Mumford & Wyse (1976) visade i sina studier där betor lagrades i fyra månader att rotskadan före lagring var den viktigaste faktorn för sockerförlusten. Enligt författaren Wiltshire (2000) uppmättes förlusterna vid skörd cirka 3 % och det motsvarade 2,3 ton per hektar. Vid lagring i stuka minskade sockerkoncentrationen med 0,02 % per dag (0,01 % sackarosinnehåll per dag). Författaren menar att dessa förlusterna kan minskas som i sin tur skulle göra betydande effektivitetsvinster hos sockerbetsindustrin.

För att få en tydligare bild om när i processen de mekaniska skadorna på betorna uppstår gjorde Steensen (1996) olika mätningar i samband med skörd, en i betupptagare, en i tanken på betupptagare och i stukan. Resultatet visar att 86 % av alla skador uppstår under skördearbetet i betupptagaren. Mätningen av skadorna efter skördearbetet var emellertid svår. Var betorna redan skadade fanns det mindre oskadat område tillgängligt för ytterligare skador. Skadorna på sockerbetorna ökar med fallhöjden och när betor släpps på en hård yta är skadans omfattning ungefär tre gånger större än den som uppstår när betor släpps på andra betor (Houghton & Armstrong, 1994). Figur 1 beskriver vad som händer med sockerbetan vid mekanisk skada.



Figur 1. Illustration av vad som sker med sockerbetan vid mekanisk skada.

# MATERIAL OCH METOD

## Försöksuppläggning

Studien bygger på betmaterial från ett fullständigt randomiserat fältförsök med 3 sorter och 6 upprepningar och de tre sorterna utgör sort 1 typ-E, sort 2 typ-N och sort 3 typ-Z. Varje parcell var 3 x 12 m och skördades med en parcellupptagare. Betprover till de olika delstudierna i detta projekt plockades sedan från varje parcell. Försöket skördades den 24 oktober 2019 utanför Borgeby, Skåne län. Innan upptagning utfördes penetrometermätningar med en månads mellanrum vid tre tillfällen. Studien var ett samarbete med Nordic Beet Research och forskare på SLU inst för Biosystem och teknologi. Sockerbetorna skördades av Hushållningssällskapet Skåne med deras försöksupptagare.

Resultaten bygger på tre olika mekaniska tester, penetrationsmätning i fält, ett statiskt trycktest och ett dynamiskt falltest. Statisk och dynamisk kontakt handlar om elasticitet. Elastisk deformation är materialets tendens till att kunna deformeras vid kraft men återgår till sitt ursprung när kraften försvinner (Wikipedia, 2019).

## *Penetrationsmätning*

Vid tre tillfällen under hösten, från augusti till oktober gjordes penetrationsmätningar i fält på de tre sorterna (figur 2, tabell 1). Betornas ythårdhet mättes med en penetrationsmätare (Fruit Pressure tester FT 001 QA supplies) med total 60 mätvärden per parcell vid varje tillfälle. Ett mät huvud på två mm användes och punktionen gjordes till 5 mm djup i betan. Värdet representerar kraften som behövs för att penetrera det yttersta peridermet på betan.



*Figur 2. Mätning med penetrometer i fält. Foto: William English*

### ***Statiskt trycktest***

Den 7 november 2019 utfördes det statiska trycktestet på SLU Alnarp. En pressmaskin, Tekscan I-Scan utsatte betorna för ett statiskt tryck (figur 3). Tre olika tryck med kraft 500 N, 1000 N och 2000 N registreras på en dator och visualiseras på hur trycket fördelar sig på sockerbetan (bilaga 1, figur 8 och 9). Varje sockerbeta fick ett nummer och betans vikt och diameter registrerades och innan de utsattes för tryck. Med en registrerad kontaktyta och kontaktryck kan man beräkna det trycket betan utsätts för.

I det statiska trycktestet ingick typ-sorterna med två upprepningar per sort och åtta sockerbetor per försöksruta, totalt 48 sockerbetor. Samtliga betor vägdes och mättes och sedan fick ett statiskt tryck med kraft från 500 N till 2000 N med hjälp av en pressmaskin. Kraften och trycket illustrerades på en datorskärm och visualiserade hur trycket och kraften fördelade sig på sockerbetan som sedan kunde räkna ut betornas elasticitet.



*Figur 3. Sockerbeta som utsätts för konstant tryck i pressmaskin. Foto: Madeleine Nilsson*

### ***Dynamiskt falltest***

Försöket utfördes på SLU Alnarp den 27 november 2019 (bilaga 1 figur 10 och 11). Varje sockerbeta fick ett enskilt nummer och vägdes innan in försöket utfördes. Sockerbetorna släpptes från en meters höjd ner på ett hårt underlag med karbonpapper som markerade träffen på ett papper (figur 4). Varje beta släpptes så att träffytan blev på sockerbetans bredaste sida och filmades med en höghastighetskamera som tog 1000 bilder per sekund. Med hjälp av videoinspelning kunde förändringen i hastigheten räknas ut från en meters höjd till betans hastighet vid kontaktpunkten på plattan. Varje betas karbonpapper scannades in och träffytan kunde beräknas genom att mäta antalet pixlar. Med hjälp av inspelningen kunde vi räkna ut betans förändring i hastighet från 1 meters höjd, hastighet vid kontaktpunkten med ytan, hastigheten vid inversion och få reda på antalet millisekund varje sekvens fick. Samtliga betor i dynamiska falltest lagrades efter testet. Det dynamiska falltestet skulle illustrera hantering av betorna från exempelvis upptagare till stuka eller transport till sockerbruk. Det dynamiska falltestet utfördes på de tre typ-sorterna med fem betor per sort och två upprepningar varje sort. För att utesluta inverkan av betans storlek

valdes betor men liknande vikt ut för detta test. Som komplement gjordes även ett falltest av typsort E där 10 stora och 10 små betor valdes ut. Detta för att belysa betydelsen av betans storlek för de mekaniska skadorna.



Figur 4. Foto på betan efter att den träffat kontaktytan. Foto: Madeleine Nilsson

### ***Rötor efter lagring***

Betorna som ingick i det dynamiska falltestet lagrades efter studien i kylskåp (8°C) på SLU Alnarp från den 27 november 2019 fram till den 17 januari 2020, totalt 611 daggrader. Daggrader beskriver medeltemperaturen för de dagarna betorna har lagrats. Efter lagringsprocessen graderades samtliga sockerbetor och varje beta fick en procentuell bedömning av uppkommen röta. De klövs på mitten och rötskador och eventuell tryckskada graderades.

### ***Statistik***

Resultaten från studierna har analyserats med en klassisk ANOVA-modell efter tester för homoscedasticitet och normalitet (lmer i R 3.4.3) och resultaten presenteras med justerade medelvärde (LS medelvärde). I tabellerna förekommer ett antal statistiska begrepp. CV är variationskoefficient och talar om hur jämt försöket är. P-value anger sannolikhet för att det inte finns skillnader i försöket. LSD är minsta signifikanta skillnaden och anger hur stor skillnad det måste vara mellan två led för de ska vara signifikant skilda.

# RESULTAT

## Penetrationstest

Resultatet i tabell 1 visar att det krävs signifikant lägre tryck för att penetrera skalet på sorten med hög rotskörd och låg sockerhalt (typ-E) jämfört med sorten med låg rotskörd och hög sockerhalt (typ-Z). Medelsorten (typ-N) skiljer sig också signifikant från de andra sorterna och placerar sig mitt emellan. Totalt sett skiljer det cirka 1 MPa mellan den hårdaste och mjukaste sorten vilket är en skillnad på ungefär 15 %. Samtliga sorter visade ett lägre tryck (MPa) vid första mätningen jämfört med sista mätningen.

Tabell 1. Resultat av penetrationstest. Medelvärde för tre typsorter mätt vid tre olika tillfällen. 60 mätvärde av varje sort, totalt 360 mätvärden.

Penetrometertest		Penetrometer Augusti MPa	Penetrometer September MPa	Penetrometer Oktober MPa
1	Sort med hög rotskörd	5,1	5,6	6,0
2	Medelsort	5,7	6,2	6,7
3	Sort med hög sockerhalt	6,0	6,6	7,2
LSD		0,2	0,1	0,1
CV		6,6	4,4	3,3
P_value		<0,0001	<0,0001	<0,0001

## Statiskt trycktest

Det statiska trycktestet där betor utsattes för ett konstant tryck med en tryckplatta visar att trycket per ytenhet är lägre för typsort-E jämfört med de andra två sorterna (Tabell 2). Resultatet visar att kontaktytan, diametern och vikten är större för sorten med hög rotskörd jämfört med de andra två sorterna. För att få större skillnad i medeltryck redovisas endast resultatet vid 2000 N för typ-sorterna.

Tabell 2. Resultat från statiskt trycktest med konstant tryck på 2000 N. Medelvärde för 16 betor per sort, totalt 48 betor.

Statiskt trycktest		Vikt Beta kg	Diameter Beta mm	Kontaktarea cm <sup>2</sup>	Tryck N/mm <sup>2</sup>
1	Sort med hög rotskörd	1,43	130,6	18,0	1,13
2	Medelsort	1,14	121,9	14,6	1,39
3	Sort med hög sockerhalt	1,15	121,5	13,9	1,48
LSD		0,18	ns	1,3	0,11
CV		25,0	12,2	13,9	14,0
P value		<0,05	0,170	<0,0001	<0,0001

### **Dynamiskt falltest**

Resultatet i tabell 3 från falltestet visar skillnaden i kraft och tryck mellan stora och små betor. Större betor fick en högre kraft från fallet men att trycket per ytenhet vid anslagsytan ändå blev betydligt lägre. Trycket per ytenhet blev nära 50 % högre för de små betorna, trots att kraften (anslagsenergin) för betan var betydligt lägre.

*Tabell 3. Resultat från dynamiska falltest från 1 m höjd. Medelvärde för vikt, kraft och tryck för 10 stora betor och 10 små betor.*

<b>Dynamiskt falltest</b>		Vikt	Kraft	Tryck
		Kg	N	N/mm <sup>2</sup>
<b>1</b>	Stora betor	2,6	2217	1,0
<b>2</b>	Små betor	0,9	1317	1,5
<b>LSD</b>		0,1	226	0,2
<b>CV</b>		8,7	17,9	21,8
<b>P value</b>		<0,0001	<0,001	<0,05

Dynamiska falltestet visar att typsort E tenderar att få grundare skador än de andra två sorterna (tabell 4). Bredden på skadan skiljer sig mindre men går i samma riktning. Trots det har sorten med hög rotskörd tappat mest vikt under lagringen. Anläggningstiden, de antal millisekunder som betan slår i marken skiljer sig inte signifikant åt mellan sorterna men är i medeltal högre för sorten med hög rotskörd.

*Tabell 4. Resultat från dynamiskt falltest från 1 m höjd. Effekt på olika sorters anslagstid under falltest samt viktförlust och skador efter lagring. Medelvärde för 10 betor per sort.*

<b>Dynamiskt falltest (sorter)</b>		Vikt	Anslagstid	Viktförlust	Skador	Skador
		Beta		efter lagring	Djup	Bredd
		kg	millisek.	%	mm	mm
<b>1</b>	Sort med hög rotskörd	0,98	3,70	17%	5,0	17,8
<b>2</b>	Medelsort	1,11	3,45	12%	31,2	40,5
<b>3</b>	Sort med hög sockerhalt	1,06	3,35	15%	17,0	27,5
<b>LSD</b>		ns	ns	0,03	ns	ns
<b>CV</b>		24,2	18,1	25,3	124,6	105,6
<b>P value</b>		0,554	0,456	<0,05	0,057	0,283

### **Rötor efter lagring**

En gradering på betorna rötskador från dynamiska falltestet gjordes efter lagring och resultat visas i tabell 5 nedan. Typsort E hade en tendens till mer skador än typsort N och Z. Skillnaderna är dock inte signifikanta. Figur 5-7 visar bilder på betorna som är tagna i samband med gradering av rötskador.



Tabell 5. Procent rötskadad yta efter lagring Medelvärde för 10 betor per sort.

Rötor efter lagring		Rötor
1	Sort med hög rotskörd	34%
2	Medelsort	24%
3	Sort med hög sockerhalt	17%
LSD		ns
CV		63,4
P value		0,077



Figur 5. Sort med hög rotskörd (E) efter lagring. Foto: Madeleine Nilsson



Figur 6. Medelsort (N) efter lagring. Foto: Madeleine Nilsson



Figur 7. Sort med hög sockerhalt (Z) efter lagring. Foto: Madeleine Nilsson

## DISKUSSION

### *Betans mjukhet*

Penetrationsmätningarna visar att det finns tydliga sortskillnader mellan sockerbetors hårdhet. För typsort E krävs det ett lägre tryck vilket tyder på att den har ett mjukare skal jämfört med sorter med hög sockerhalt. Skillnaden mellan penetrationsmotståndet på sorten med låg sockerhalt jämfört med hög sockerhalt var cirka 1 MPa (tabell 1). Vid den första mätningen i augusti visade samtliga sorter ett lägre tryck jämfört med sista mätningen i oktober. Motståndet mätt i MPa med penetrationsmätning speglar hur hård eller mjuk sortens utsida är och kan antas påverka hur mycket betan skadas vid hantering. Resultaten antyder alltså att sorter med lägre sockerhalt skulle vara känsligare för skador i samband med upptagning.

Ett högre tryck tyder på att sorter med hög sockerhalt är hårdare och har en bättre trycktålighet än betor med låg sockerhalt. En mjuk beta drabbas troligen hårdare av rotspetsbrott och tryckskador. Brown & Pilbrow (1996) menade att antalet tryckskador ökade under skörd och rensning och att det fanns ett samband mellan rotspetsbrott och tryckskador på sockerbetorna.

Madritsch & Bomers (2020) presenterade en studie kring sortskillnader som visade att sorter med mindre cellstorlek lagrades bättre än betor med stora celler. Möjligen är cellstorleken även kopplad penetrationsmotståndet och en indirekt orsak till lagringsförlusterna?

### *Statiskt trycktest*

Sockerbetans form och storlek speglar resultatet från statiska trycktestet. Typsort E med hög rotskörd hade högsta vikt och en större diameter än de två andra typsorterna. Sort med hög rotskörd fick större kontaktyta och därmed blev trycket lägre (tabell 2). Det kan förklaras med att den fördelar ut trycket över en större yta vilket gynnar större betor när de utsätts för ett konstant tryck, t.ex. i en upptagare. Resultatet visar att en större beta inte nödvändigtvis behöver betyda större skada.

### *Dynamiskt falltest*

I det dynamiska falltestet där betor med olika storlek jämfördes bekräftades bilden från det statiska testet. Jämförelsen visade att större betor utsattes för ett lägre tryck per kvadratmillimeter jämfört med små betor. Att trycket per ytenhet blev nära 50 % lägre för de stora betorna kan relateras att stora betor hade väsentligt större anläggningsyta än de små betorna och därmed fördelade kraften på en större yta (tabell 3). Skadan hos de stora

betorna skulle dock kunna bli väsentligt större om betan fallit på rotspetsen eftersom anläggningsytan då varit mindre.

Att fallhöjden och materialet betan faller på har betydelse för skadorna har tidigare visats av Houghton & Armstrong (1994). De visade att skadans omfattning blev cirka tre gånger så stor skada när de träffar en hård yta jämfört med om de träffade andra betor.

I det dynamiska falltestet av typsorterna valdes betor av ungefär samma storlek ut för att utesluta storleksfaktorn. Resultaten visar att typsort E tenderar att få grundare och bredare skador än de andra två sorterna (tabell 4). Bredden på skadan skiljer sig mindre men går i samma riktning. Även om anläggningstiden, mätt i antal millisekunder, inte skiljde sig signifikant åt var även den i medeltal högre för sorttyp E. Det indikerar att sorttyp E möjligen är något mjukare än de andra typsorterna. Sorten med hög rotskörd (E) tappade också mest i vikt under lagringen än de andra två sorterna.

### ***Rötor efter lagring***

Resultatet av rötskador var inte signifikanta men visade en stark tendens till att sorttyp E hade störst angripen yta (figur 4-6, tabell 5). Skadorna på dessa betor har dock inte bara orsakats av falltestet utan större delen av skadorna har uppkommit under upptagningen. Resultaten går helt i linje med vad Kleuker & Hoffmann (2019) visat gällande lagringsförluster för olika typsorter. De har gjort liknande studier och undersökt olika typsorter och funnit att typsorter av kategorin Z har lägre lagringsförluster än typsorter av kategorin E.

### ***Resultatets tillförlitlighet***

Studierna som gjordes för att testa sorternas motstånd för tryckskador med statiskt trycktest och dynamiskt falltest har inte gjorts tidigare. I resultatet med statiskt test ingick 48 sockerbetor, tre typ-sorter med två upprepningar per sort med fyra betor per upprepning från obevattnat led och lika många betor från bevattnat led. Examensarbetets omfattning är begränsat och studien med statiskt test med många moment gjorde att det tog tidsmässigt längre tid än vad vi hade beräknat, därför har resultatet från studien inte tagit hänsyn till att jämföra obevattnat led och bevattnat led utan fokuserat på enbart jämföra typ-sorterna. I det dynamiska falltestet ingick tre typ-sorter, två upprepningar per sort och fem betor i varje upprepning. Betorna släpptes likadant och landade på bredsida och det togs ingen hänsyn till rotspetsbrott eller andra skador som uppkom vid fallet. Betorna släpptes likadant och landade på bredsida och det togs ingen hänsyn till rotspetsbrott eller andra skador som uppkom vid fallet.

## ***Reflektioner***

Examensarbetet bygger på ett fältförsök där två av metoderna i studien inte har prövats tidigare. Det fanns därför inget facit att gå efter utan vi fick pröva oss fram. I studierna med dynamiska falltestet och statiska trycktestet var antalet betor begränsat. Hade antalet betor per typsort varit fler hade det gjort resultatet mer tillförlitligt. Betorna som ingick för varje typsort skulle valts ut noggrannare, så att de varit inom samma storlek- och viktintervall och inte haft så stora variationer inom varje typsort. Betorna i det statiska trycktestet hade en viktmässigt högre variation inom typ-sorterna. För det statiska trycktestet där betorna utsattes för tryck klarade betorna en hög kraft (2000 N) utan att deformeras. För att få ett större utfall mellan typsorterna kunde ett högre tryck prövats och trycket på 500 N och 1000 N utesluts.

Metoden för det dynamiska falltestet att släppa betorna från 1 m höjd var relativt svårkontrollerad. Ett rör eller dylikt kunde varit ett hjälpmedel som lett till att varje beta träffade kontaktytan på exakt samma ställe.

Metoden för mätning med penetrometer är enkel att utföra direkt i fält. Antalet mätningar speglar resultatets tillförlitlighet och i försöket gjordes totalt 360 mätningar per sort vid tre tillfällen. Denna metod är att föredra jämfört med dynamiskt falltest och statiskt trycktest som är mer arbetskrävande och svårkontrollerade. Resultatet från de olika studierna var mycket intressanta att se hur olika typ-sorter reagerar och att det fanns tydliga skillnader mellan de olika typ-sorternas elasticitet. Sortvalet kommer få en större betydelse framöver, speciellt betor som ska lagras en längre tid i stuka. Lagringsförsök är mycket kostsamma på grund av en hög omsättning av sortmaterialet. Med en enklare metod för att undersöka typsorternas lagringsduglighet kommer det få en stor betydelse för betindustrin men framförallt för den enskilda betodlaren med en bättre lönsamhet och mer socker till bruket.

## ***Framtida studier***

Fler studier behövs för att fastställa hur lagringsdugligheten kan kopplas till penetrationsmätningar. Framförallt behöver fler sorter testas men också under fler odlings- och lagringsbetingelser.

### ***Slutsatser***

- Penetrationsmätningarna tycks vara den metod som bäst korrelerar med skadefrekvensen och rötskadorna som uppstår under lagring.
- Penetrometermätning är en enkel metod och som kan göras direkt i fält för att mäta betans hårdhet.
- Det finns tydliga skillnader mellan sortmaterialet som testats gällande de mekaniska egenskaperna.
- Typsort E är mjukare än Z och N och den tappar mer vikt under lagring.
- Det statiska trycktestet och dynamiska falltestet är svåra att utvärdera då storlek och form på betorna till stor del avgör resultatet.

# REFERENSER

## Skriftliga

Brown S, & Pilbrow J. 1996. Effective harvesting: the way to cut sugar beet losses. *British Sugar Beet Review* **64 (3)**:8-10.

Hopkinson I P, & Houghton B J. 1998. Electronic sugar beet measurements: assessments of beet handling and harvesting sugar losses. *Aspects of Applied Biology* **52**, *Protection and production of sugar beet and potatoes*, pp. 169-172.

Houghton B, & Armstrong M. 1994. Fragile. Handle with care. *British Sugar Beet Review* **62 (3)**:13-15.

Imura E, Hayasaka M, Saito H, & Kanzawa K. 1986. Relation between mechanical damage and storability in sugar beets. 1. Influence of root damage given in the harvesting and piling processes on the quality of stored sugar beets. *Proceedings of the Sugar Beet Research Association, Japan* **28**:108-114.

Kleuker G & Hoffmann K. 2019. *Einfluss der Festigkeit der Rübe auf Beschädigung und Lagerungsverluste von Zuckerrüben.*, Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ) an der Georg-August-Universität, Göttingen.

Koster P B, Raats P, & Jorritsma J. 1980. The effect of some agronomical factors on the respiration rates of sugar beet. *Proceedings of the 43rd IIRB Congress, February 1980, Brussels*, pp. 109-125.

Langer R H M, & Hill G D. 1991. *Agricultural Plants* (Second Edition). Cambridge: Cambridge University Press.

Madritsch S, & Bomers 2020. Variety-specific molecular mechanisms in sugar beet during an extended storage time. *Proceedings of the 77<sup>th</sup> IIRB Congress, February 2020, Brussels*, pp. 28-29

Mumford D L, & Wyse R E. 1976. Effect of fungus infection on respiration and reducing sugar accumulation of sugar beet roots and use of fungicides to reduce infection. *Journal of the American Society of Sugar Beet Technologists* **19**:157-162.

Olsson, R. 2006. Sortens inverkan på yttre och inre kvalité vid lagring. Bjärred: SBU. (SBU Rapport, 2006-1-2-607)

Olsson, R. 2013. Sockerförlust vid långtidslagring av olika sorter 2013. Bjärred: NBR. (NBR Rapport, 621-2013)

Steensen, J. K. 1996. Root injuries in sugar beets as affected step wise by lifting, dumping, and cleaning. *Proceedings of the 59<sup>th</sup> IIRB Congress*, Brussels, 525–532.

Vukov K. 1977. *Physics and Chemistry of Sugar-Beet in Sugar Manufacture* (English Edition). Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company

Wiltshire J J J. 2000. Bruising of sugar beet roots and consequential sugar loss: current understanding and research needs. *Anm. appl. Biol.* (2000), **136**:159-166. *Printed in Great Britain*

## Internet

Jordbruksverket 2019. *Jordbruksmarkens användning 2019*. Tillgänglig: [https://djur.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Araler/JO10/JO10SM1902/JO10SM1902\\_tabeller1.htm](https://djur.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Araler/JO10/JO10SM1902/JO10SM1902_tabeller1.htm) [2020-04-14]

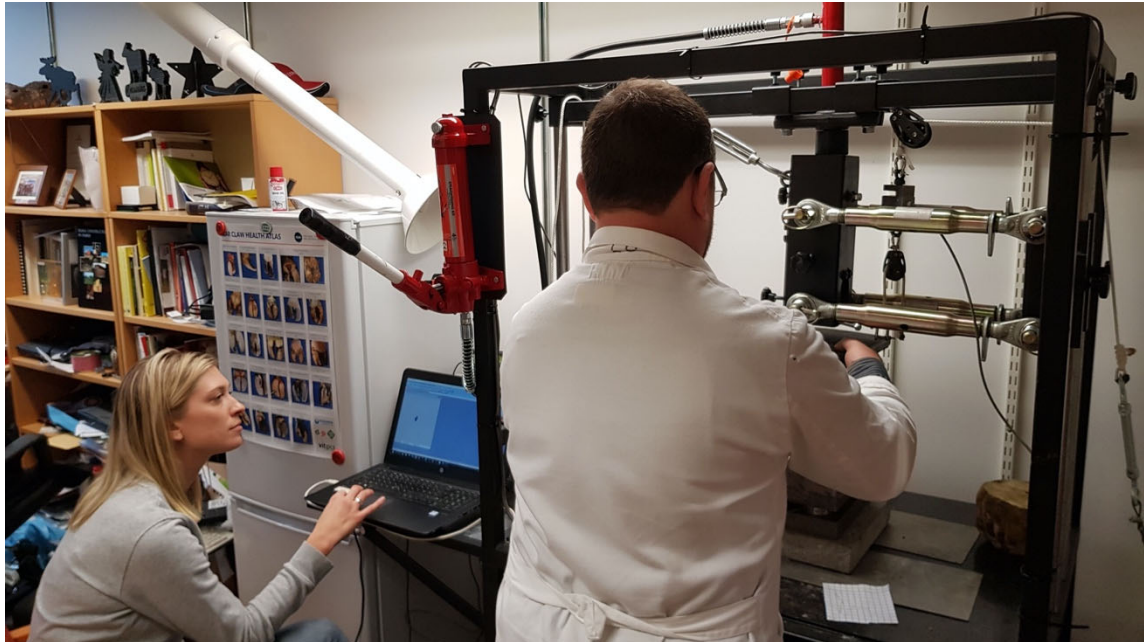
Nordic Sugar 2020. *Bra lagring*. Tillgänglig: <https://www.sockerbetor.nu/irj/go/to/sv/betodling/odlingsrad/skord-och-lagring/bra-lagring> [2020-04-14]

Nordic Sugar u.å. *Det finns mer att hämta*. Tillgänglig: [https://www.sockerbetor.nu/cps/rde/xbcr/SID-BCB9CA71-83B710AB/agriportal/Instruktion%20spillverktyg\\_3167207\\_snapshot.pdf](https://www.sockerbetor.nu/cps/rde/xbcr/SID-BCB9CA71-83B710AB/agriportal/Instruktion%20spillverktyg_3167207_snapshot.pdf) [2020-06-10]

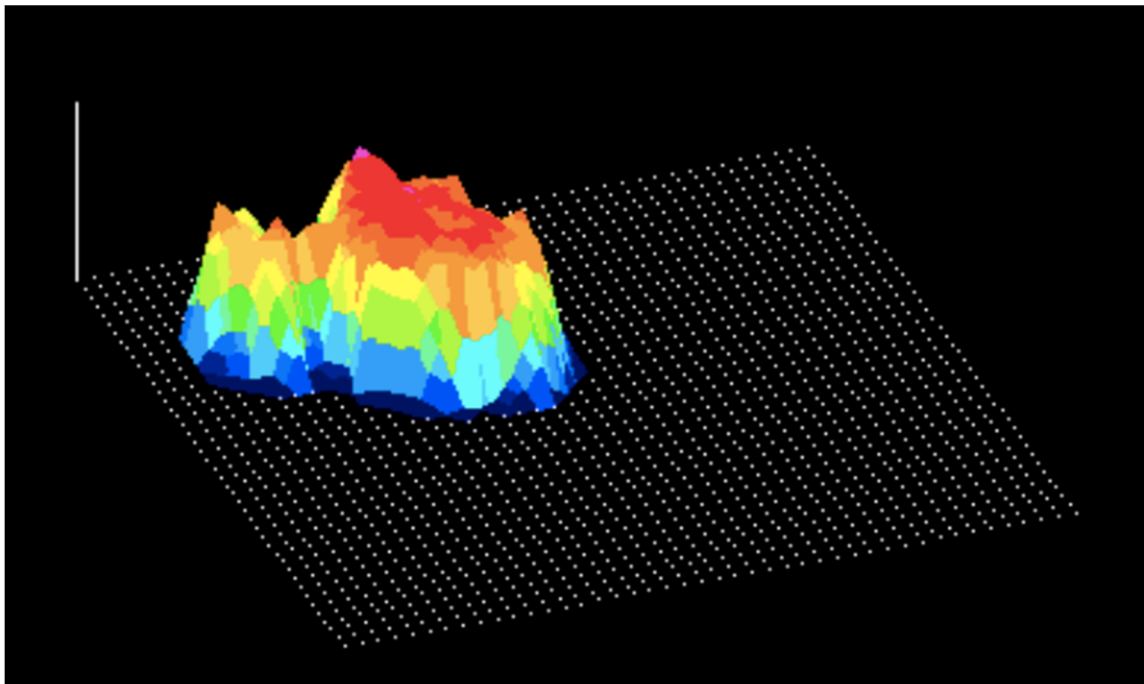
Wikipedia 2019. *Elasticitet*. Tillgänglig: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Elasticitet> [2020-04-14]



## BILAGA 1



Figur 8. Statiskt trycktest med pressmaskin på Alnarp tillsammans med Evigenji Telechenko. Foto: William English



Figur 9. Statiskt trycktest som visar hur konstant tryck fördelar sig på betan.





Figur 10. Förberedelser inför dynamiska falltestet. Foto: William English



Figur 11. Förberedelser inför dynamiska falltestet. Foto: William English

